LEOPOLDO MUZZIOLI

La obra científico-técnica de Guillermo Marconi

CONMEMORACION DEL CINCUENTENARIO DE LA PRIMERA TRANSMISION INALAMBRICA ENTRE EUROPA Y AMERICA, 1901-1951

Conferencia dictada en el Salón de Honor de la Universidad de Concepción en noviembre de 1951.

Separado de la Revista «Atenea», publicada por la Universidad de Concepción. Diciembre de 1952.

LEOPOLDO MUZZIOLI

La obra científico-técnica de Guillermo Marconi

CONMEMORACION DEL CINCUENTENARIO DE LA PRIMERA TRANSMISION INALAMBRICA ENTRE EUROPA Y AMERICA, 1901-1951

Conferencia dictada en el Salón de Honor de la Universidad de Concepción en noviembre de 1951.

Separado de la Revista «Atenea», publicada por la Universidad de Concepción. Diciembre de 1952.

Impreso en los talleres de
la Editorial Nascimento
— Arturo Prat 1428 —
Santiago de Chile, 1953

N.º 2634

ARA conmemorar un acontecimiento de tan trascendental importancia, como la primera transmisión radial entre el viejo y el nuevo mundo, me parece que el modo mejor es exponer la obra científico-técnica, de quién logró con su genio realizar este milagro.

Por esta razón el tema de esta conmemoración es: La obra científico-técnica de Guillermo Marconi.

La obra científico-técnica de Guillermo Marconi es poco conocida.

Esta afirmación inicial parecerá a todos muy rara, en cuanto tal vez de ningún otro hombre de ciencia y de técnica se ha hablado y escrito (también en los diarios para el grueso público), tanto como de Guillermo Marconi. Sin embargo, por las consideraciones que iré

exponiendo, se comprenderá que esta afirmación inicial correspon de a la realidad de los hechos.

Fué en 1895 cuando Guillermo Marconi, en la Villa Grifone, cerca de Ponecchio de Bolonia, hizo las primeras experiencias que constituyeron la primera realización práctica de las ondas electromagnéticas para transmitir señales a distancias; ahora bien, cuando se expone este hecho de importancia científico-técnica tan trascendental, se dice generalmente con sencillez, con extrema sencillez (me parece), que Marconi logró su intento aprovechando en la transmisión las ondas electromagnéticas, que habían sido ya descubiertas por Hertz en el 1885 y que habían sido también estudiadas sucesivamente, mediante investigaciones experimentales plenamente satisfactorias por Righi, que estudió la óptica de estas ondas, verificando en ellas las leyes y los fenómenos de la reflexión, refracción, interferencia, difracción y polarización reconociéndolas de la misma naturaleza de la luz.

En lo que se refiere a la recepción, se dice que Marconi aprovechó del revelador de ondas electromagnéticas ya inventado por Calzecchi Onesti, el cual había demostrado en una serie de interesantes experiencias que las limaduras metálicas no conductoras contenidas en un tubito de vidrio, se vuelven conductoras bajo la influencia de extracorrientes, vibraciones sonoras, etc.

Se dice, además, que Marconi introdujo simplemente, tanto en el aparato transmisor, como en el aparato receptor un nuevo dispositivo, la Antena y la Tierra, sin aclarar explícitamente la fundamental importancia de esta innovación absolutamente Marconiana, sin la cual no se habrían aprovechado nunca prácticamente las ondas Hertzianas, ni tenido la posibilidad de la transmisión de las ondas e. m. a grandes distancias.

Para aclarar mejor la importancia del descubrimiento de Guillermo Marconi, creo oportuno exponer los dispositivos de Hertz y de Marconi para hacer resaltar sus diferencias substanciales tanto

desde el punto de vista estructural, como desde el punto de vista conceptual (fig. 1).

En su estructura formal, el dispositivo de Hertz consiste en dos pequeñas esferas metálicas T_1 T_2 unida cada una con dos esferas metálicas más grandes F_1 F_2. Entre las dos pequeñas esferas que constituyen el llamado espinterómetro, estallan chispas por efecto

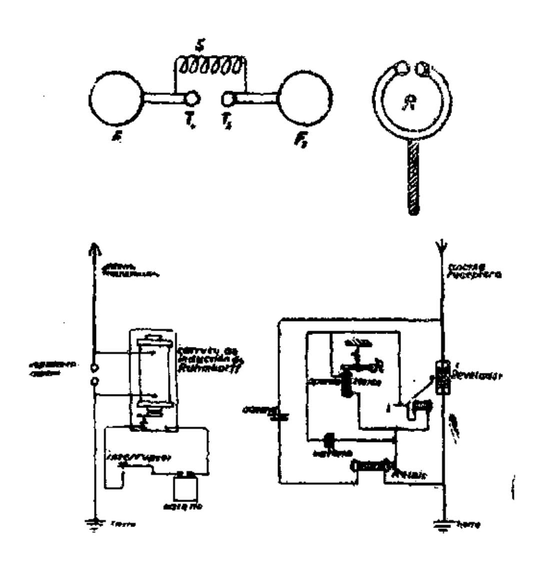


Fig. 1

de una elevada diferencia de potencial producida a los extremos del secundario S de un carrete de Ruhmkorff.

Con este oscilador, Hertz pudo producir oscilaciones eléctricas de frecuencia elevada que causan perturbaciones electromagnéticas ondulatorias en el espacio circundante al oscilador y que se propagan en todas las direcciones, hasta la distancia de *pocos metros*.

Hertz pudo verificar este hecho con un revelador R que consiste simplemente en un círculo metálico, interrumpido para dejar

un pequeño espacio de aire, donde estallan pequeñas chispas cada vez que se exita el oscilador.

En cambio en el dispositivo de Marconi (la figura 1 representa el esquema de la primera estación de radiotransmisora y receptora construída por Marconi para las primeras experiencias del 1895 en Pontecchio) se encuentra una marcada diferencia respecto al dispositivo de Hertz, tanto en el aparato transmisor como en el aparato receptor.

En el transmisor, en lugar del oscilador *simétrico aislado* usado por Hertz, Marconi usó el oscilador *asimétrico antena-tierra* que está formado por un hilo vertical, que constituye la antena, unida inferiormente a uno de los electrodos del espinterómetro, cuyo otro electrodo está unido al suelo mediante una lámina o toma de tierra.

Así Marconi vino a modificar radicalmente las propiedades de irradiación del oscilador, ya que en las oscilaciones por él efectuadas, tomaba parte importante la tierra.

La importancia del factor tierra en la propagación de las ondas e. m. fué una intuición genial, pues todos los físicos y matemáticos que se ocuparon del estudio de las ondas e. m. en aquel tiempo no previeron, o negaron dicha influencia.

En lo que se refiere a la recepción, en lugar del simple revelador de Hertz a círculo metálico, encontramos nuevamente el dispositivo *antena-tierra* unido con el revelador ideado en otras investigaciones por Calzecchi Onesti y modificado por Marconi, quien lo construyó con electrodos de plata, y polvo de niquel y plata en un tubito de vidrio donde hizo el vacío con considerable aumento de la sensibilidad y seguridad de funcionamiento.

Como se ve en la figura 1, el aparato transmisor y receptor, contiene además particularidades ingeniosas, que hacen de esta primera estación radiotelegráfica creada por el entonces joven de 21 años Guillermo Marconi un conjunto maravilloso en sus detalles.

Las primeras experiencias y sobre todo las sucesivas grandiosas experiencias transoceánicas hechas en el 1901, no son una conse-

cuencia necesaria (desde el punto de vista científico) de las investigaciones hechas por Hertz; ya que son completamente distintas y tienen un carácter completamente diverso.

Las experiencias de Hertz, aunque genialísimas, eran experiencias de laboratorio que tenían el fin puramente científico de materializar la maravillosa profecía matemática de Maxwell, el cual, como es conocido, generalizando los fenómenos del electromagnetismo de Ampere y de la inducción electromagnética de Faraday, pudo establecer una serie de ecuaciones que expresan las relaciones entre el campo eléctrico y el campo magnético cuando varían con el tiempo y preven entonces la existencia de las ondas electromagnéticas; por el contrario los experimentos de Marconi, los más grandiosos que habían sido hechos hasta entonces, han tenido por laboratorio el globo terrestre entero (el laboratorio de Marconi fué, en efecto, o el océano Atlántico o el océano Pacífico o el mar Mediterráneo), y tenían como fin la creación de un nuevo método de envío de señales a distancia, sin hilos conductores, decisivamente original y sin precedentes antes de Marconi.

Además la intuición de Marconi acompañada por una seguridad de sus previsiones, por una fe y perseverancia sin igual, se aprecia aún más, por efecto de dos circunstancias que habrían desanimado a cualquiera que no hubiese sido dotado de las elevadas cualidades del genio.

La primera circunstancia es que el mismo Hertz, que fué sin duda uno de los más grandes físicos del tiempo, preguntado sobre la posibilidad de que las ondas e. m., de las cuales había demostrado experimentalmente la existencia, pudieran tener aplicaciones prácticas en las comunicaciones telegráficas y telefónicas, contestó negativamente.

La segunda circunstancia es que en la época de las primeras transmisiones Marconianas, los mejores matemáticos y físicos del tiempo negaron la posibilidad de transmitir señales sin hilos con-

ductores a una distancia superior a aquella correspondiente al obstáculo de la curvatura terrestre.

Pero Marconi tenía tal fe, tal claridad del hecho físico de la propagación de las ondas e. m. irradiadas por su dispositivo *antena-tierra* que continuó de 1895 hasta 1901 sus investigaciones, y en estos años de intenso trabajo alcanzó a perfeccionar su estación transmisora y receptora aumentando la potencia y la sensibilidad en los diversos dispositivos, hasta obtener un aparato que daba la posibilidad de aquellas maravillosas experiencias transoceánicas ejecutadas en la noche del 11 al 12 de diciembre de 1901.

Y no está mal agregar que también los resultados de estas experiencias dieron lugar a violentas discusiones científicas, y se llegó hasta negarlas, fundándose sobre una teoría matemática, elaborada un año después por uno de los más grandes matemáticos del tiempo, Poincaré, publicada en el 1902 en el "Annuaire pour l'an 1902 du Bureau des Longitudes", Paris, 1902, en una memoria intitulada "Notice sur la Télégraphie sans fil", según la cual se demostraba como imposible la transmisión de señales radiotelegráficas a distancias superiors a los 300 kilómetros, sea por la débil acción inductiva como por el obstáculo debido a la curvatura terrestre.

En la experiencia de radiotransmisión ejecutada por Marconi en 1901 entre la estación transmisora de Poldhu (Inglaterra) y S. Juan de Terranova (Canadá), la distancia no era de 300 kilómetros sino de 3,500 kilómetros y el obstáculo debido a la curvatura terrestre es comparable (como se puede verificar con un simple cálculo) a una montaña de una altura de 400 kilómetros, más o menos.

Creo oportuno analizar las causas del grave error cometido por todos los más grandes físicos y matemáticos del tiempo, para poner también aquí en evidencia la genialidad de Marconi, que fué el único que interpretó justamente el fenómeno de la irradiación y de la propagación de las ondas e. m.

En el hecho físico de la irradiación y de la propagación de las

ondas e. m. se consideraba solamente la acción inductiva y se negaba que la tierra participara en el fenónemo.

En cambio Marconi, con una intuición que asombra, percibió que en el fenómeno de la irradiación y de la propagación de las ondas electromagnéticas, es el campo de irradiación y no el de inducción el que permite realizar las radiocomunicaciones.

En efecto, ahora se sabe que tanto el campo de inducción como el de irradiación están en atraso respecto a la causa que los produce en un tiempo que corresponde a una propagación de la acción con una velocidad finita igual a aquella de la luz; pero el campo de inducción disminuye en razón del cuadrado de la distancia, o sea, queda inutilizable después de una distancia relativamente pequeña, en cambio el campo de irradiación disminuye simplemente en razón de la distancia, o sea, permanece utilizable aún a grandes distancias, además el campo de inducción es independiente de la frecuencia, mientras que el campo de irradiación es proporcional a la frecuencia de la corriente que lo genera, y es entonces muy elevado en el caso de las corrientes oscilantes de alta radiofrecuencia.

En consecuencia, es el campo de irradiación y no el campo de inducción el que participa en las radiocomunicaciones.

Si bien es justo decir, que hay pocas cosas en la física que alcancen la perfección de las ecuaciones Maxwellianas, su precisión y elegancia verdaderamente clásicas, su profundidad, en cuanto un mundo está encerrado en dos líneas, pero parece a veces que las fórmulas sepan más y conduzcan más lejos de cuanto sospechamos, y a veces la matemática aparece más sabia que sus cultores.

En efecto, las ecuaciones de Maxwell, ejemplo estupendo y casi pavoroso de lo que puede el ingenio humano, tanto que Boltzmann se preguntó frente a las ecuaciones Maxwellianas si aquellos signos eran escritos por un Dios, dicen más de lo que pudo prever Maxwell mismo, y también Hertz, que como hemos dicho, materializó con admirable genialidad el fenómeno electromagnético adivinado por Maxwell, en su demostración experimental no puso en eviden-

cia las propiedades del campo de irradiación y fué seguramente por esto que él afirmó, la imposibilidad de emplear las ondas e. m. como medio de comunicación a distancia.

Marconi fué el único que además de haber inventado (desde el punto de vista técnico) los dispositivos radiotransmisores y radio-receptores, tuvo la visión clara (desde el punto de vista científico) del fenómeno, intuyendo que en la propagación de las ondas e. m. entraba en juego no el campo de inducción, sino el campo de irradiación e intuyendo además la importante acción que tenía la tierra en la propagación misma; acción que ni las ecuaciones de Maxwell prevén.

Por esto, me parece que se puede afirmar que Marconi con sus primeras experiencias y sobre todo con las transoceánicas, además de haber resuelto prácticamente uno de los más maravillosos problemas técnicos (su objeto fundamental en verdad) desde el punto de vista científico, vino también a completar las experiencias de Hertz demostrando experimentalmente las propiedades del campo de irradiación, completando así la demostración experimental de las ecuaciones de Maxwell.

Además la intuición con la cual Marconi previó la esencia del fenómeno de la propagación de las ondas e. m. tiene tanto más valor, en cuanto especialmente por grandes distancias este fenómeno es muy complicado y también al estado actual de la ciencia poco conocido.

En efecto, para definir el estudio de la propagación, sería necesario poder determinar una relación matemática que en función de los parámetros de una estación radiotransmisora, altura de la antena, intensidad de la corriente en transmisión, longitud de onda empleada, diera la intensidad recibida por una antena receptora, puesta a una determinada distancia de la estación transmisora. Se han establecido varias fórmulas con este propósito, pero se ha reconocido (especialmente en estos últimos tiempos) que el interés de tales fórmulas es, en la práctica, muy relativo dado que el fenómeno de

la propagación depende también de un gran número de elementos: aerológicos, meteorológicos, solares, etc., variables en el tiempo y en el espacio y de imposible determinación.

Me parece entonces haber puesto en evidencia la importancia y la genialidad del dispositivo Marconiano *antena-tierra* y el valor de la intuición Marconiana de la propagación de las ondas e. m. Me parece haber demostrado, además, que a Marconi se le debe el mérito de dar a las ondas e. m. la maravillosa posibilidad de las comunicaciones entre los hombres, ya que sin su obra las ondas e. m. habrían quedado por mucho tiempo simplemente como objeto de estudio en los laboratorios de física.

Y a aquellos que han escrito y escriben, que han dicho y dicen que Marconi no ha hecho otra cosa que poner el oscilador de Hertz en posición vertical, se deberá contestar que no es verdad; de todas maneras, también en base a estas opiniones podría decirse que, para llegar a América saliendo de Europa, basta navegar hacia Occidente; muy simple... después que Cristóbal Colón enseñó el camino.

Las ondas Hertzianas, que como hemos dicho, fueron sacadas por Marconi de los laboratorios y lanzada por los espacios a servicio inmediato de la civilización, dieron lugar a una nueva rama de la técnica: la radiotécnia.

Y Marconi no solamente fué el creador de esta nueva rama de la técnica, sino que fué el hombre que más que todos contribuyó a su prodigioso y rapidísimo desarrollo.

Para poner mejor en evidencia las innumerables dificultades tanto desde el punto de vista científico como desde el punto de vista técnico que tuvo Marconi en el mejorar y perfeccionar su primitivo aparato, estimo necesario aclarar que Marconi no pudo aprovechar de las leyes y de las relaciones válidas para los fenómenos y los aparatos utilizadores de la electrotécnia, conocidas hasta ese momento, dado que tales leyes y tales relaciones no son válidas para los fenómenos y aparatos utilizadores de la radiotecnia. El tuvo que intuir,

estudiar, verificar nuevas leyes, nuevas relaciones para poder aplicarlas a la realización de sus aparatos.

En efecto, la electrotecnia que estudia las corrientes continuas o alternas a baja frecuencia industrial, puede obtener resultados correspondientes a la realidad, aún admitiendo que las acciones de los campos eléctricos y magnéticos se transmiten a distancia en forma instantánea, mientras en la radiotecnia que estudia las corrientes oscilantes a alta frecuencia no se puede hacer más esta hipótesis simplificativa, equivocada, ya que se obtendrían resultados no correspondientes a la realidad.

Todo esto, porque el tiempo necesario para propagar la acción eléctrica y magnética ya no es más despreciable respecto al período, tiempo pequeñísimo en el caso de las corrientes oscilantes a alta frecuencia.

Se puede entonces decir que hay una diferencia sustancial entre la electrotecnia y la radiotecnia; lo mismo, se podría decir que hay entre la mecánica clásica y la mecánica relativística, creo justo, entonces, afirmar que Marconi es el creador de la *Electrotécnia Relativística.*

Además, Marconi, (como se demuestra en el desarrollo de esta conmemoración) caso tal vez único en la historia de la ciencia, no se satisfizo de haber tenido la primera idea genial y de haberla sostenido con perseverancia única, contra la incomprensión y adversión general, sino que quiso continuar contribuyendo a esta nueva rama de la técnica por él creada, y se puede afirmar que fué siempre el primero en introducir las innovaciones que el progresar de la ciencia permitía; fué en definitiva el que contribuyó más que todos al desarrollo maravilloso de esta nueva rama de la técnica.

En efecto, en los primeros aparatos usados por Marconi se verificaban numerosos inconvenientes, entre los cuales uno de los más graves era que el sonido que ellos producían en el teléfono del receptor, no era musical sino ruidoso, y se confundía fácilmente con los ruidos producidos por los disturbios atmosféricos.

Marconi orientó entonces, inmediatamente sus investigaciones al estudio y a la construcción de aparatos con descargas a frecuencia más elevada, en otros términos, a chispa musical.

Pero en este caso el uso del espinterómetro a dos electrodos fijos daba fácilmente origen al arqueamiento de la chispa; él pudo evitar este dañoso inconveniente, empleando el espinterómetro a disco rotante Marconi, que como se ve en la figura 2, consiste en un

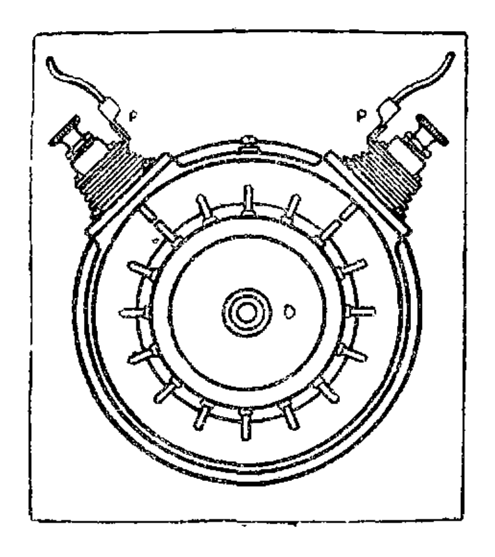


Fig. 2

disco aislador D que puede girar rápidamente alrededor del propio eje y que lleva puntas metálicas fijas radialmente sobre la periferia, constituída por una corona metálica conductora.

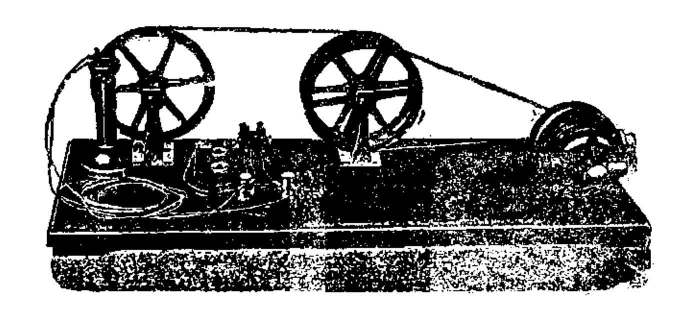
En la rotación, las puntas del disco pasan frente y muy cerca de las dos puntas fijas P P, que constituyen los electrodos fijos del espinterómetro. Cada vez que dos puntas móviles vienen a encontrarse en correspondencia de las puntas fijas, se forman dos chispas.

La fuerte ventilación debida a la rápida rotación del disco y el

hecho de que las puntas vienen rápidamente alejadas las unas de las otras, dan la posibilidad de que las chispas sean apagadas rápidamente y que sea impedido así el arqueamiento, también cuando se producen chispas a frecuencia musical.

Este sistema dió además la ventaja de producir las chispas a intervalos perfectamente regulares y en consecuencia de dar entonces al teléfono del aparato receptor, un sonido muy puro.

Además Marconi desde sus primeros experimentos notó que el revelador a polvo metálico de Calzecchi Onesti, aunque por él modificado y perfeccionado, presentaba siempre un funcionamiento poco seguro y se podría decir caprichoso.



3 Fig.

El fué el primero en mejorar la estación radiotransmisora con el sistema de chispa musical mediante su espinterómetro rotante, fué el primero en realizar una notable mejora en la estación radiorreceptora con la invención de su genial revelador de ondas, de funcionamiento por demás regular, el detector magnético Marconi.

No creo oportuno explicar las bases físicas y el principio del funcionamiento del detector magnético Marconi que en su conjunto se ve en la figura 3; es suficiente afirmar que por su sensibilidad y seguridad de funcionamiento fué preferido a todos los reveladores ideados sucesivamente, hasta los reveladores actualmente usados, que

aprovechan de las maravillosas propiedades de la válvula termoiónica descubierta mucho más tarde.

La excitación directa de la antena transmisora daba lugar a un fuerte descenso de las ondas irradiadas y no daba la posibilidad de aumentar más allá de un cierto límite la potencia oscilante de emisión.

Marconi desde sus primeras experiencias verificó estos dos graves inconvenientes y antes de la histórica experiencia transoceánica pudo eliminar estas desventajas a su estación transmisora.

El descubrió, en efecto, en el 1900, el método de la excitación indirecta que está descrito en su famosa patente N.º 7,777 (paten-

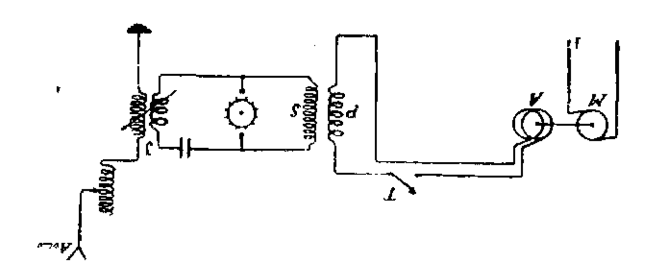


Fig 4

te de los cuatro sietes), redactada con una sutileza y una precisión tal que, contra ella chocaron (como se sabe) sin resultado varias firmas de diversos países, que querían con pequeñas formales transformaciones, aprovecharse del descubrimiento de Marconi.

La figura 4 representa el esquema de una estación radiotransmisora Marconi a excitación indirecta; no están representados, para mayor sencillez de comprensión, los incontables detalles de la estación, se ve sólo, indicado esquemáticamente, el espinterómetro rotante.

El método de la excitación indirecta Marconi, consiste esencialmente en tener separada en la antena la función del oscilador de aquella del irradiador, y en él producir la descarga oscilante en un

circuito aislado cerrado que tiene una determinada capacidad e inductancia, y no en el circuito abierto antena-tierra.

Este circuito cerrado oscila bien, si se regulan oportunamente sus constantes, pero irradia poco, mas es posible transferir, por inducción electromagnética, buena parte de su energía al radiador, o sea, al circuito abierto antena-tierra.

Y para lograr transferir esta energía en las condiciones de máxima eficiencia, Marconi puso en sintonía el circuito radiador antena-tierra con el circuito oscilante, igualando los períodos de oscilación.

Y también esta notable innovación, como se comprende bien claramente, no puede considerarse simplemente un nuevo dispositivo, sino un cambio substancial y conceptual del método.

El empleo de las ondas amortiguadas ha precedido, como es conocido el de las ondas llamadas continuas o persistentes, ya que solamente con la aplicación de la válvula termoiónica, descubierta más tarde, se han podido generar tales ondas con extrema sencillez mediante los clásicos circuitos fundamentales a acoplamiento por autoinducción, de Hartley, a acoplamiento capacitivo, de Colpitt y a acoplamiento por mutua inducción, de Meissner y sus derivados.

Pero Marconi, desde sus primeras experiencias, verificó que el empleo de las ondas amortiguadas, producidas como hemos dicho por una descarga oscilante en un circuito compuesto de una inductancia, y de una capacidad a través de aptos espacios espinterométricos, no permitía realizar resonancias agudas en los receptores, y por esto no daba la posibilidad de aumentar más allá de ciertos límites el número de estaciones radiotransmisoras, que en una determinada zona pudiesen funcionar sin molestarse.

Fué el primero en tratar de resolver el importantísimo problema técnico de producción de ondas persistentes, y logró éxito con el genial empleo de los espinterómetros múltiples Marconi, hechos girar con igual velocidad y con fase distinta, de modo de sostener la

amplitud de las oscilaciones, aproximándose notablemente a las persistentes.

La figura 5 representa precisamente el esquema de la estación radiotransmisora Marconi a espinterómetros múltiples, que corresponde al primer aparato de ondas continuas aplicado al servicio radiotelegráfico transoceánico y constituye verdaderamente una ge-

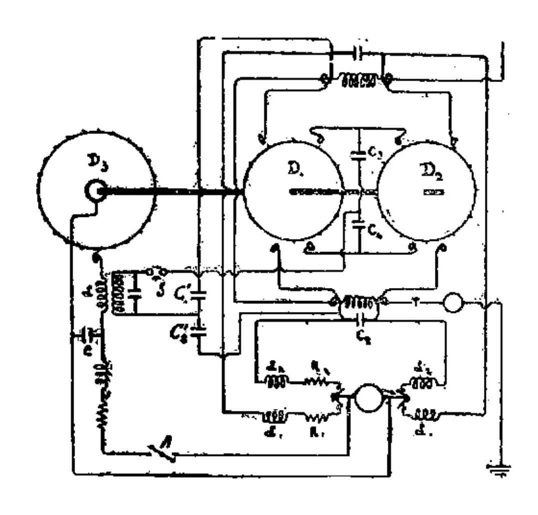


Fig. 5

nial etapa de transición entre los aparatos a chispa y los aparatos a ondas persistentes propiamente dichos.

No es el caso de exponer los detalles de esta estación, basta decir que los dos espinterómetros D_1 y D_2 funcionan alternativamente, y para determinar el instante del estallido de la chispa, sobre el mismo eje de los dos discos principales está ligado un tercer disco D_3 que tiene un número doble de puntas de pequeñísimas dimensiones.

La figura 6 representa esquemáticamente el comportamiento de las oscilaciones en los varios circuitos. La curva *a* muestra las oscilaciones en el circuito auxiliar producidas por el espinterómetro D_3; las curvas *b* y *c* las oscilaciones que actúan alternativamente sobre la antena, la curva *d* el comportamiento de la corriente de antena.

Como se ve las oscilaciones de la corriente de antena son casi continuas.

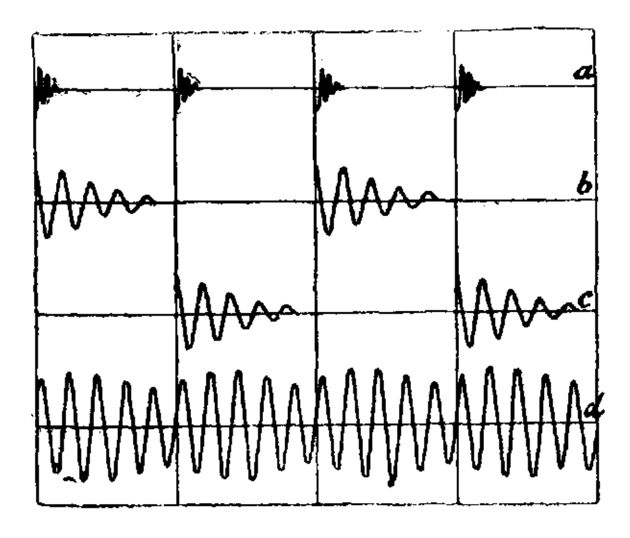


Fig. 6

El conjunto de los resultados científicos técnicos obtenidos por Marconi, y ahora esquemáticamente expuestos, corresponden a lo que, según me parece, se puede considerar la primera parte de su gran obra, obra fundamental que ha puesto las bases de las radiocomunicaciones.

Pero a esta grande obra, le sigue otra verdaderamente poderosa, que se refiere al estudio experimental y técnico de las tres ramas fundamentales de la radiotecnia.

Y precisamente, primero, el estudio del comportamiento en la propagación de las ondas electromagnéticas de diferente longitud, de las ondas largas, a las ondas medias, a las ondas cortas, a las ondas ultracortas, y a las microondas u ondas casi ópticas, adoptando Marconi para estas investigaciones como laboratorio experimental o, el océano Atlántico o, el océano Pacífico o, el Mediterráneo; segundo, el estudio y la creación de los sistemas irradiantes convenientes por cada tipo de onda; tercero, el estudio y la creación de los diferentes transmisores y receptores utilizados, aptos para las varias ondas en las más variadas aplicaciones, civiles, militares, aeronáuticas, marítimas.

En todos estos estudios no faltan ciertamente importantísimas contribuciones de sabios y técnicos de todo el mundo, que se dedicaron con enorme intensidad a esta sugestiva rama de la técnica, pero la personalidad de Marconi domina sobre todos.

Guillermo Marconi fué el primero en verificar después de numerosas experiencias transoceánicas con diferentes longitudes de onda, que la potencia que se necesita para obtener las radiocomunicaciones con ondas cortas es inferior a aquella necesaria para las ondas largas. La razón esencial de este comportamiento descubierto por Marconi está en el hecho que si es cierto que las ondas más largas se atenúan menos rápidamente que aquellas más cortas, por efecto de la absorción sobre la superficie terrestre, también es cierto que las ondas más cortas dan lugar a refracciones y reflexiones en las altas capas atmosféricas, de modo que ellas vuelven a la superficie terrestre con pequeñas atenuaciones también después de recorridos muy largos.

Marconi después de haber verificado experimentalmente el ventajoso comportamiento, en la propagación, de las ondas cortas, comenzó en seguida, en 1916, el estudio de estas ondas y con un trabajo experimental y técnico poderoso, pudo resolver los más importantes problemas técnicos relativos a esta rama de la radiotécnica.

Y también aquí para aclarar mejor las enormes e innumerables dificultades que Marconi tuvo que superar, es necesario afirmar que las ondas cortas, menores de 100 metros se diferencian totalmente de las ondas más largas por fenómenos especiales que derivan de la altísima frecuencia de las oscilaciones.

Estos fenómenos que eran completamente desconocidos cuando Marconi inició sus investigaciones sobre las ondas cortas, necesitan en la construcción de los aparatos normas muy diversas de las que se aplican para las ondas largas.

En efecto con el aumento de la frecuencia, las corrientes alternas tienden a circular en la periféria de los conductores, en lugar de hacerlo, por el centro. De aquí un aumento notable en la resistencia óhmica de los conductores, y una consiguiente pérdida de energía por efecto térmico.

Análogamente las pérdidas por efectos de inducción en los cuerpos circundantes crecen notablemente con la frecuencia.

Además, el aumento de la frecuencia, como saben muy bien los electrotécnicos de hoy día, hace aumentar la reactancia de inductancia, y hace disminuir la reactancia de capacidad, con la consecuencia que las corrientes oscilantes de altísima frecuencia son fácilmente desviadas por los conductores cercanos, por efecto de capacidad, y tienden a saltar las bobinas, cuando éstas representan, además de inductancia, también una pequeña capacidad propia.

Esta pequeña capacidad propia puede proporcionar en realidad un pasaje de menor obstáculo, que el que ofrece la inductancia de las espiras de las bobinas.

Cuando esto sucede la bobina no se comporta naturalmente más como una simple inductancia sino más bien como una capacidad.

En fin, otra consecuencia de la altísima frecuencia, es la facilidad con la cual los circuitos se inducen mutuamente, lo que significa que conductores también relativamente lejanos, pueden recibir fuerzas electromotrices inducidas, bastante notables.

La técnica de las ondas cortas, que es caracterizada por el mo-

do especial de propagación de las ondas por las especiales propiedades de las elevadísimas frecuencias, de las cuales he hablado, y que dió lugar a una de las ramas tal vez entre las más difíciles de la radiotécnia, ha sido plenamente dominada, desde su iniciación en adelante, por la obra Marconiana.

Guillermo Marconi es el creador del sistema a haz a ondas cortas que permite hoy, como es conocido, comunicar con los antípodos, necesitando una cantidad de energía enormemente reducida, respecto a aquella necesaria para los sistemas a ondas largas.

La antena directiva a haz Marconi (fig. 7) comprende un ali-

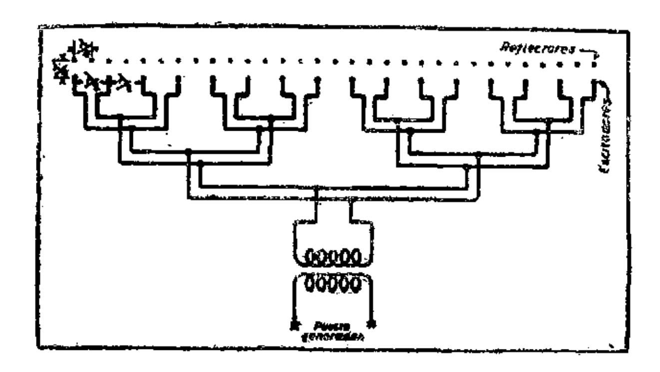


Fig. 7

neamiento de 12 a 16 antenas dispuestas una al lado de la otra con un intervalo, más o menos, de media onda y que tienen una altura que comprende dos o tres medias ondas.

Alrededor de un cuarto de onda, atrás de este sistema, está el reflector constituído por un alineamiento de antenas iguales y paralelas a las precedentes, pero aisladas y en número doble.

Es muy interesante el sistema de alimentación de las antenas, que tiene por objeto hacer oscilar exactamente en fase todas las antenas excitadoras. La unión con los aparatos generadores por medio de este sistema de alimentación debe verificarse a modo de evitar

cualquier reflexión de la energía desde las antenas hacia atrás, y de obtener una exacta sincronización de todas las corrientes, lo que Marconi obtuvo mediante sucesivas bifurcaciones de los conductores provenientes desde el generador, y mediante especiales dispositivos de unión de los alimentadores a las antenas.

La exacta "puesta a punto" de estos dispositivos exigió la solución de problemas de altísimo carácter científico y técnico, y determinó que Marconi pudiese obtener haces irradiantes que poseían una abertura de apenas once grados lo que correspondía a una concentración enorme de energía que de otro modo se habría repartido sobre los 360 grados del horizonte.

La alimentación con sólo 20 kilowatt, permitió la comunicación de los puntos más lejanos de la superficie terrestre.

Esto para las ondas cortas. En lo que se refiere a las ondas cortísimas o microondas u ondas casi ópticas de longitud inferior a un metro, y correspondientes a frecuencias de las corrientes oscilantes superiores a trescientos millones de períodos por segundo, Marconi desde 1930 a 1932, se puede decir, que abordó todos los problemas técnicos relativos a las radiocomunicaciones con tales ondas, y los resolvió de un modo concluyente, superando todas las dificultades que en este caso eran todavía mayores que aquellas relativas a las ondas cortas y de las cuales he hablado.

Los resultados de estas investigaciones, fueron por Marconi mismo expuestos en una magnífica memoria leída en la reunión del 2 de diciembre de 1932 de la "Royal Institution of Great Britain".

Creo conveniente referir integralmente el breve resumen que precede la memoria y redactada por Marconi mismo, por cuanto de él aparece aunque en su sencillez, la poderosa obra desarrollada también en este campo:

"Acordaos de las tentativas ejecutadas en el pasado para la uti-
" lización de las ondas extremadamente cortas (microondas) de lon-
" gitud del orden de algunas decenas de centímetros se describen los
" aparatos ideados y sucesivamente perfeccionados por el autor en

" los dos últimos años, ilustrando los elementos constitutivos, los es-
" quemas de inserción y las características de funcionamiento, tan-
" to en transmisión como en recepción, y así en telegrafía como en
" telefonía. Mediante oportunas uniones entre más unidades irra-
" diantes convenientemente dispuestas respecto a un sistema de más
" reflectores, ha sido posible construir transmisores de microondas
" que irradian potencias hasta ahora nunca alcanzadas (del orden
" de decenas de watt) en un haz fuertemente concentrado.

"Están descritas las experiencias ejecutadas, primero entre pun-
" tos de la costa de Ligure, después entre el Vaticano y Castel Gan-
"dolfo (unidos ahora por una planta permanente a microondas, que
"ya está en efectivo servicio) y en fin entre Rocca di Papa y el
"Yacht "Electra" y entre Rocca di Papa y la Cerdeña.

"Son puestos en evidencias los resultados alcanzados, de tal ma-
"nera que con ondas de 57 centímetros se ha podido comunicar a
"una distancia de 259 kilómetros, distancia nunca alcanzada hasta
"ahora con el uso de ondas por debajo del metro y se ha descubier
"to, además, que estas ondas pueden superar no sólo obstáculos en-
"tre la estación transmisora y la estación receptora, sino que, tam-
"bién en parte, la curvatura de la tierra. Son preconizados, por fin,
"los ulteriores desarrollos de la técnica de las microondas".

Se ve claramente por el examen de este resumen que he expuesto integralmente que en otros términos Marconi ha estudiado, experimentado, construido, los aparatos transmisores y receptores aptos para las microondas, ha realizado las antenas y los reflectores relativos, ha estudiado el comportamiento de las ondas casi ópticas en la propagación, descubriendo, que contrariamente a las previsiones según las cuales estas ondas se deberían comportar como la luz, pueden por el contrario superar obstáculos materiales y en parte la curvatura de la tierra; se puede entonces afirmar en definitiva, que también en el campo de las microondas fué Marconi el primero en resolver todos los problemas técnicos y científicos relativos.

Pero el inagotable genio de Guillermo Marconi ha dado a los

hombres otros resultados maravillosos: los radiofaros para la orientación y guía en la ruta de naves y aeroplanos.

Existen diversos tipos de radiofaros Marconi según los fines para los cuales están destinados.

No es posible, en el breve tiempo concedido en una conferencia conmemorativa, hablar de todos estos tipos, me limitaré a la exposición de las realizaciones Marconianas, posiblemente menos conocidas, en este campo.

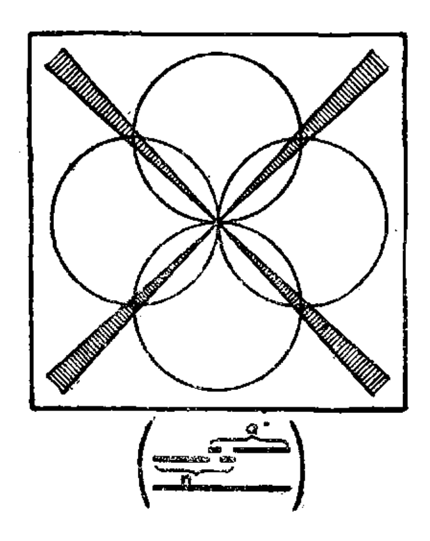


Fig. 8

En los radiofaros para la guía de los aeroplanos, la estación transmisora de tierra comprende un complejo transmisor, que funciona alternativamente con dos antenas a cuadro dispuestas en ángulo recto entre ellas y que tiene una idéntica longitud de onda (figura 8). Dada la forma a ocho de la curva de irradiación de los dos cuadros sucede que por un cierto ángulo (zona achurada) las dos transmisiones se sobreponen, formando cuatro haces de dos en dos diametralmente opuestos.

Si uno de los cuadros emite siempre la letra *a* (. -) y el otro la letra *n* (- .) y se hace de modo que la transmisión de uno se cruce con la del otro, se tendrá que en los cuatro haces de emisión sobrepuesta se oirán en un aparato receptor a bordo del avión, no ya las letras *a* y *n* distintas, sino un trazo continuo derivante de la fusión de las dos señales. Por consiguiente si un aeroplano sigue uno de los haces, se sentirá en el teléfono del receptor puesto en él una serie continua de trazos largos; mientras si se desvía hacia un lado se oirá más fuerte la letra *a* y más débil la la *n;* sí, al otro, más fuerte la *n* y más débil la *a*.

El piloto tendrá así la indicación si está o no en la ruta justa.

Si dos radiofaros análogos se instalan en los dos extremos de

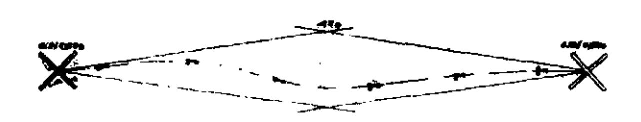


Fig. 9

una ruta (fig. 9) con haces vueltos el uno hacia el otro, el avión será guiado por todo el viaje con absoluta seguridad también en caso de fuerte neblina, como si se encontrase sobre dos rieles.

Para evitar el continuo uso del teléfono por parte del piloto, Marconi ideó también un nuevo tipo de receptor a visión, en lugar del acústico.

Los dos cuadros del radiofaro, en lugar de emitir las señales Morse, *a* y *n*, irradian ondas moduladas con dos bajas frecuencias distintas, por ejemplo, 85 y 65 Hertz; los cuatro haces debido a la sobreposición de las dos irradiaciones emitirán entonces contemporáneamente ondas moduladas con 85 y 65 Hertz. En el receptor en lugar del teléfono se encuentra un indicador con dos láminas vi-

brantes; una de las láminas está sintonizada exactamente por la frecuencia propia de 85 Hertz, la otra por la frecuencia de 65 Hertz. Si el aeroplano está sobre la ruta verdadera las láminas vibrarán con igual amplitud; si se desviara, de esta especie de rieles electromagnéticos Marconianos, entonces una de las dos láminas vibrará con mayor amplitud, dando así la indicación que el desplazamiento ha tenido lugar a la derecha o a la izquerda.

La figura 10 representa un receptor Marconi a ondas cortas ra-

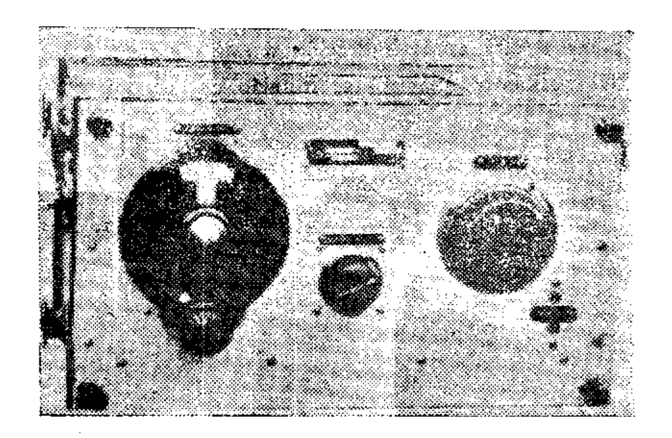


Fig. 10

dioguía, completamente protegido, y estudiado por Marconi en modo de poder ser apto para cualquier tipo de avión.

También muy interesante es otro tipo de radiofaro; el radiofaro giratorio Marconi (fig. 11), apto para la guía e indicación del "punto nave" de un buque no provisto de una planta radiogoniométrica siempre bastante costosa y voluminosa.

La antena directiva del radiofaro móvil Marconi gira alrededor de su eje vertical con velocidad uniforme y exactamente igual a una

vuelta por minuto, o sea, de seis grados por cada segundo, emitiendo una señal convencional, característica para cada radiofaro.

Pero todas las veces que durante la rotación el cuadro del radiofaro se encuentra a 90 grados del meridiano geométrico local (posición Este-Oeste) transmite otra señal característica convencional.

El aparato puesto a bordo es un especial radio receptor dotado de un cronógrafo de precisión.

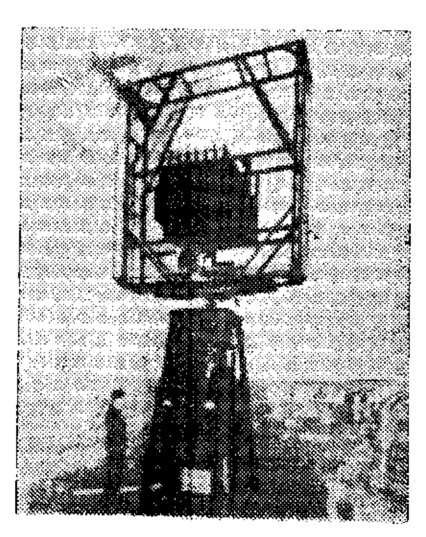


Fig. 11

El oficial de ruta pone en movimiento el cronógrafo en el instante en el cual recibe la señal característica especial (Este-Oeste) y lo detiene exactamente en el momento en el cual las señales normales se apagan, es decir, en el instante en el cual el cuadro móvil del radiofaro está normal a la recta de unión Nave-Radiofaro.

Multiplicando el número de segundos indicados por el cronógrafo por la velocidad angular de 6° por segundo, el oficial de ruta puede, como es fácil comprender, obtener la posición del radiofaro y por consiguiente la situación de la nave con respecto a él.

Pero uno de los aparatos más geniales debido a la incansable producción científicotécnica de Guillermo Marconi es seguramente el que después de muchos años de estudios, especialmente sobre el comportamiento de las microondas u ondas casi ópticas, alcanzó a ejecutar y experimentar a Sestri Levante el 30 de julio de 1934.

Marconi fué hombre de mar y sabía bien que las naves muchas veces después de haber vencido tempestades formidables en alta mar, arriesgan su seguridad en caso de neblina densa, precisamente cuando se encuentran cerca de los puertos.

Marconi resolvió también el problema de hacer entrar con extrema precisión una nave en puerto en caso de visibilidad nula.

El especial radiofaro que sirve para este fin, como se ve en figura 12, consiste esencialmente de dos pequeñas antenas con teflectores puestos a ángulo recto sobre una plataforma móvil.

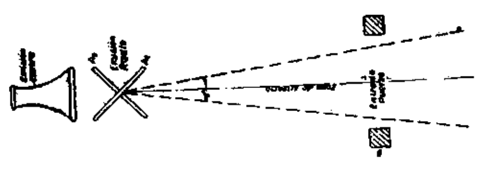


Fig. 12

Puesto que las antenas están a ángulo recto y tienen un fuerte poder directivo, en la dirección a 45º se tiene una zona de silencio. Esta zona de silencio corresponde a la dirección de embocadura del puerto.

Pero en esta línea, la recepción es nula y llevaría entonces a la incertidumbre; para evitar esto, el dispositivo de las dos antenas perpendiculares oscila continuamente de un pequeño ángulo de 6º Cuando el radiofaro oscila hacia izquierda, transmite una nota aguda, cuando oscila hacia la derecha una nota baja, y el cambio de nota tiene lugar precisamente cuando la zona de silencio coincide con la línea de embocadura del puerto.

Cuando la nave se encuentra sobre la línea requirida el cambio de tono sucede con regularidad, si al contrario está fuera de la ruta verdadera, una nota se hace más fuerte que la otra.

Mientras una nave está entrando en un puerto con el auxilio del radiofaro Marconi, las señales de éste se oyen en el camarote de comando por medio de un altoparlante, y son indicadas por una aguja que oscila sobre una pantalla puesta delante del oficial de ruta; la aguja oscilando más hacia una parte que hacia otra, indica el error de ruta.

Pero este genial aparato no limita a esto su tarea. Mediante otro ingenioso dispositivo el oficial de ruta puede determinar en cada instante la distancia entre la nave y el puerto.

En efecto en el mismo punto donde está puesto el radiofaro se encuentra también un aparato especial que a intervalos regulares emite un sonido.

En el mismo instante en el cual el sonido viene emitido, el radiofaro emite también una señal radiotelegráfica convencional. Por el tiempo que pasa entre la recepción de la señal radio y la recepción de la señal sonora, ambas obtenidas con aparatos especiales, el oficial de ruta podría con un simple cálculo determinar la distancia de la nave desde el puerto.

Pero este cálculo no es necesario, en cuanto los dispositivos están estudiados por Marconi de un modo tal, que todo se establece automáticamente y la distancia se puede leer directamente en el cronómetro aplicado al aparato receptor.

No es posible exponer, en fin, la obra desarrollada por el prodigioso genio inventivo de Marconi, también en el campo de la telefotografía y televisión, en cuanto que la descripción de los aparatos por él realizados, necesitaría demasiado tiempo. Pero séame permitido afirmar que aunque Guillermo Marconi no haya sido el inventor de la telefotografía y televisión, él alcanzó a realizar también, en estos campos, lo que al estado de la técnica de aquel entonces se consideró lo más perfecto. En efecto, la telefotografía encontró una

solución técnica por demás perfeccionada en el aparato telefotográfico Marconi; baste decir que ya desde su actuación, ha servido y sirve todavía óptimamente en un servicio regular de transmisión de fotografías, artículos de diarios, mensajes, etc.... con ondas cortas a haz entre Londres y Nueva York.

En lo que se refiere a la televisión, el aparato televisivo Marconi correspondió a la mejor solución al estado de aquel entonces de la técnica.

En efecto, baste decir que el parlamento inglés habiendo encargado a una comisión técnica estudiar el desarrollo alcanzado por la televisión y escoger el aparato o los aparatos que fueran más perfeccionados, esta comisión, el 31 de enero de 1915, presentó su relación con la cual aconsejaba de implantar en Londres una estación transmisora de televisión con aparatos Baird y Marconi para hacerlos funcionar alternativamente. En base a los resultados obtenidos en el período de prueba, el gobierno adoptó exclusivamente el aparato televisivo Marconi.

Esta exposición de la grandiosa obra científicotécnica de Guillermo Marconi, aunque por necesidad de tiempo, muy esquemática, creo que ha podido, sin embargo, demostrar que Marconi además de haber inventado (desde el punto de vista técnico) el dispositivo antena-tierra con el cual, por primera vez, pudo transmitir a considerable distancia señales telegráficas mediante las ondas e. m., tuvo además la visión clara (desde el punto de vista científico) del fenómeno por demás complejo de la irradiación y de la propagación de las ondas e. m., descubiertas por Hertz, en cuanto con su demostración experimental, de las propiedades del campo de irradiación, completó la materialización de la maravillosa profecía matemática de Maxwell.

En base a esta esquemática exposición de la obra Marconiana, creo que se puede afirmar además que Guillermo Marconi no sólo fué el creador de las radiocomunicaciones, sino que fué también el hombre que después de su primera realización juvenil, continuó por

toda su activísima vida, entregando la contribución de su genio al progreso de la ciencia y de la técnica. Fué el hombre que con perseverancia única, alcanzó a resolver los más difíciles problemas relativos a las radiocomunicaciones, superando enormes dificultades desde el punto de vista científico y técnico ya que no pudo aprovechar de las leyes y de las relaciones válidas para los fenómenos y los aparatos utilizadores de la electrotecnia, las únicas entonces conocidas; y debió por el contrario intuir y verificar nuevas leyes y nuevas relaciones válidas para la radiotecnia o electrotecnia relativística por él creada y, sobre todo, por él desarrollada, en todas sus ramas, desde la técnica de las ondas largas hasta la de las ondas cortas, ultracortas y microondas.

Guillermo Marconi vivió hora por hora su gran invención, la defendió, la desarrolló, le dedicó toda su vida.

En la genialidad de Guillermo Marconi encontramos reunidas en una fecunda y maravillosa síntesis la teoría y la práctica.

En efecto, él no fué solamente insigne sabio, y técnico profundo, sino que fué también hombre de acción y organizador de empresas mundiales sin igual, tenía, en otros términos, cualidades que nunca se encuentran reunidas en un solo hombre.

Es sabido que Guillermo Marconi tenía una habilidad experimental maravillosa que unida con una manera toda suya de poseer e interpretar los fenómenos físicos, aumentaba de tal manera su poder de intuición que asombraba a quien en alguna forma tenía la suerte de colaborar con él.

Guillermo Marconi tenía una fuerza espiritual, y una fe en sus previsiones inmensas, y quizás en este aspecto característico de su genio reside el secreto de la realización de su gran obra.

¿Cómo podía explicarse de otra manera, por ejemplo, el hecho que la Compañía Marconi recién constituída se aventuró en emplear todas sus fuerzas económicas en la construcción de la gran estación radiotransmisora transoceánica de Poldhu en el 1901, y la reconstruyó nuevamente en el mismo año, después que un huracán la des-

truyó completamente, y esto para realizar lo que era juzgado por todos (especialmente para los componentes de la ciencia oficial de aquel entonces) una mera utopía, eso es la de lanzar el primer mensaje a través del espacio entre el viejo y el nuevo mundo?

Guillermo Marconi nunca hizo tentativas para transformar sus inventos en aparatos mortales.

La prensa de aquel tiempo informó que Marconi había inventado especiales radiaciones, que la imaginación popular llamó "rayos de la muerte".

Sin embargo, el desarrollo histórico de la ciencia y la técnica han demostrado el absurdo de dichas afirmaciones: por el contrario a las ondas e. m. en las realizaciones Marconianas que las puso al servicio de la humanidad para las comunicaciones entre los hombres y que han salvado y salvan innumerables vidas, corresponde solamente el nombre de "rayos de la vida".

Me sea permitido afirmar en fin, que Italia, que ha dado al mundo la energía eléctrica, con las primeras experiencias de Luis Galvani y con la creación de la corriente eléctrica por medio de la maravillosa pila de Alejandro Volta, y ha dado al mundo las ideas fundamentales para el progreso formidable de la electrotecnia con el teléfono de Antonio Meucci, la dínamo de Antonio Pacinotti, el motor a campo rotante de Galileo Ferraris, Italia con Guillermo Marconi ha dado al mundo la más maravillosa de las realizaciones: las radiocomunicaciones.